

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



51

Int. Cl.:

H 02 j

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



52

Deutsche Kl.: 21 d2 - 45/01

10

11

21

22

43

# Offenlegungsschrift 1488 773

Aktenzeichen: P 14 88 773.1 (A 49935)

Anmeldetag: 6. August 1965

Offenlegungstag: 10. April 1969

Ausstellungspriorität: —

30

Unionspriorität

32

Datum: 19. Juli 1965

33

Land: Schweiz

31

Aktenzeichen: 10086-65

54

Bezeichnung: Elastischer Netzkupplungsformer für mehrphasige Netze mit geringem Frequenzunterschied

61

Zusatz zu: —

62

Ausscheidung aus: —

71

Anmelder: Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie., Baden (Schweiz)

Vertreter: Sommerfeld, Dr.-Ing. Ernst; Bezold, Dr. Dieter von; Patentanwälte, 8000 München

72

Als Erfinder benannt: Rauhut, Dr.-Ing. Paul, Ennetbaden (Schweiz)

Benachrichtigung gemäß Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 d. Ges. v. 4. 9. 1967 (BGBl. I S. 960): 9. 4. 1968  
Prüfungsantrag gemäß § 28 b PatG ist gestellt

DT 1488773

Dr. Expl.

Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie., Baden (Schweiz)  
=====

Elastischer Netzkupplungsumformer für mehrphasige Netze mit  
geringem Frequenzunterschied.

Die Standardausführung eines rotierenden Umformers zur elastischen Kupplung von Netzen besteht aus einer Synchronmaschine, die auf das eine Netz geschaltet ist, und einer mit ihr gekoppelten Asynchronmaschine, die auf das andere Netz geschaltet ist. In Kaskade mit der Asynchronmaschine liegt eine Kommutatormaschine, z.B. eine Scherbius- oder Lydallmaschine. Sie dient zur verlustlosen Uebertragung der Schlupfleistung und zur Steuerung der Wirk- und Blindleistung der Asynchronmaschine. In der Regel wird sie mit der Asynchronmaschine gekuppelt; sie kann aber auch separat aufgestellt und mit einer Hilfsmaschine gekuppelt werden. Ein solcher Umformer ist sehr geeignet für Kupplung eines einphasigen Bahnnetzes von  $16 \frac{2}{3}$  Hz mit dem dreiphasigen Landesversorgungsnetz von 50 Hz.

Selbstverständlich kann man den beschriebenen Umformer auch einsetzen, wenn zwei Netze mit gleicher Frequenz von z.B. 50 Hz

oder 60 Hz oder von nur wenig verschiedenen Frequenzen von z.B. 50 und 60 Hz miteinander gekuppelt werden sollen. Der Aufwand ist dann aber gross, weil die zwei Maschinen, nämlich die Synchronmaschine und die Asynchronmaschine, für die volle Durchgangsleistung bemessen werden müssen. Ausserdem sind beide Maschinen mit Verlusten behaftet.

Diese Nachteile werden erfindungsgemäss für Kupplung von Netzen mit geringem Frequenzunterschied dadurch vermieden, dass die Netzkupplung in einer einzigen Maschine vorgenommen wird, nämlich in einer Asynchronmaschine, von der der Stator auf das eine Netz geschaltet ist und der Rotor auf das andere. Selbstverständlich können Transformatoren zwischengeschaltet sein. Wenn die beiden Netze synchron miteinander sind, verharret die Asynchronmaschine in derjenigen Stellung, in welcher die Statorwicklung und die Rotorwicklung mit den zugehörigen Netzen gleichphasig sind. Die Asynchronmaschine wirkt dann wie ein Transformator. Entsprechen die effektiven Windungszahlen dem Übersetzungsverhältnis von der einen Netzspannung zur anderen, wird durch die Asynchronmaschine weder Wirk- noch Blindleistung übertragen.

Verdreht man den Rotor aus dieser Stellung, entsteht in der Asynchronmaschine eine Wirkleistung, sodass die Asynchronmaschine als Umformer arbeitet. Es wird Leistung von dem einen Netz in das andere übertragen. Dieser Leistung entspricht ein Drehmoment an der Welle der Asynchronmaschine. Zur Verdrehung des Rotors wird gemäss der Erfindung eine Hilfsmaschine verwendet.

Diese kann z.B. eine Gleichstrommaschine sein. Wir stellen uns nun vor, dass wir eine solche Hilfsmaschine mit der Asynchronmaschine kuppeln. Die Gleichstrommaschine kann z.B. in Ward Leonard-Schaltung mit rotierendem Umformer oder mit statischem Umrichter gespeist sein. Wenn die Gleichstrommaschine mit konstantem Strom erregt wird, ist ihr Ankerstrom ein Mass für ihr Drehmoment und zwar nach Grösse und Richtung. Zu diesem Drehmoment ist die Wirkleistung der Asynchronmaschine proportional. Wenn die beiden Netze nicht mehr synchron sind, läuft der Rotor der Asynchronmaschine entsprechend der Frequenzdifferenz um. Proportional zu seiner Drehzahl ändert sich die Klemmenspannung der Gleichstrommaschine. Die angespeiste Gleichspannung muss also entsprechend nachgeführt werden. Letzten Endes können durch die Gleichstrommaschine zwei Aufgaben erfüllt werden:

- a) Anlauf: Für die Inbetriebnahme des Umformers wird zunächst der Stator oder der Rotor eingeschaltet. Dann wird der Rotor durch die Gleichstrommaschine derart gedreht, dass der Spannungsvektor des noch nicht eingeschalteten Teiles der Asynchronmaschine mit dem zugehörigen Netzvektor phasengleich und synchron ist, worauf eingeschaltet werden kann. Diese Synchronisierung kann selbstverständlich automatisch vorgenommen werden.
- b) Leistungsregelung: Der Ankerstrom der Gleichstrommaschine ist proportional zur Durchgangsleistung des Umformers. Er

wird erfindungsgemäss als Stellglied für Regelung der Leistung nach Grösse und Richtung benutzt.

Statt einer Gleichstrommaschine kann erfindungsgemäss eine Asynchronmaschine vorzugsweise mit Käfiganker benutzt werden. Für die Anspeisung dieser Asynchronmaschine gibt es gemäss der Erfindung verschiedene Möglichkeiten, z.B. eine niederfrequente Scherbiusmaschine oder einen statischen Umrichter. Jedenfalls wird mit Vorteil die Asynchronmaschine so gesteuert, dass ihr Fluss konstant ist, sodass durch Steuerung ihres Stromes die Leistung des Umformers geregelt werden kann. Erfindungsgemäss kann man die Hilfsmaschine auch als Synchronmaschine bauen.

Ein besonderer Vorteil des neuen Umformers besteht darin, dass nur eine einzige Maschine für die Durchgangsleistung vorgesehen werden muss und nicht zwei Maschinen wie beim klassischen Umformer. Der Wirkungsgrad ist also sehr hoch. Ein weiterer Vorteil ist die niedrige Drehzahl des Umformers. Sie entspricht der Frequenzdifferenz der beiden Netze. Die Fliehkräfte in der Rotorwicklung sind daher sehr klein, in der Regel sogar bedeutungslos. Der Rotor kann daher mit grossem Durchmesser ausgeführt werden und für die Befestigung der Wicklung bestehen keinerlei Schwierigkeiten, sodass die Rotorwicklung praktisch wie eine Statorwicklung gebaut werden kann. Mindestens sind zur Beherrschung der Fliehkräfte keine besonderen Massnahmen für den Blechkörper, für die Keile, für die

909815/0547

BAD ORIGINAL

Bandagen usw. erforderlich.

Der neue Umformer kann sogar für bisher ungeahnte Leistungen gebaut werden, z.B. für 200 - 300 MW und mehr. Erfindungsgemäss wird man die Polzahl möglichst klein wählen, z.B.  $2p = 2$  eventuell 4. Setzen wir die Leistung gleich 300 MW, die Frequenz gleich 60 Hz,  $2p = 2$ . Ein Turbogenerator solcher Leistung hätte einen Rotordurchmesser in der Grössenordnung von 1000 mm, wofür die Zentrifugalkräfte bereits unangenehm hoch sind. Beim Umformer kann der Durchmesser unbedenklich grösser gewählt werden, z.B. 2000 mm oder mehr. In einem solchen Rotor kann die Wicklung gut untergebracht werden. Die Kühlung der Blechpakete und der Wicklung im Stator und im Rotor kann bequem mit modernen Mitteln durchgeführt werden, z.B. mit Wasserstoff oder mit Flüssigkeit (z.B. Wasser oder Öl). Mit Vorteil wird Wasser wegen der hervorragenden Kühlwirkung verwendet. Dichtungsprobleme bestehen kaum, insbesondere deswegen, weil der umlaufende Teil sehr langsam dreht.

Die Zuführung zur Rotorwicklung erfolgt über Schleifringe. Es können Bürsten mit geringem Widerstand, z.B. mit hohem Kupfergehalt, verwendet werden, da die Reibungsverluste infolge der niedrigen Drehzahl sehr klein sind. Die niedrige Umfangsgeschwindigkeit der Schleifringe hat einen geringen Abrieb der Bürsten zur Folge. Dadurch ist es möglich, eine hohe Spannung für die Schleifringe zu wählen, z.B. etwa 10 000 Volt



verkettet oder mehr. Man kann ohneweiteres die Kriechwege zwischen den Schleifringen vergrössern und Trennwände einbauen. Bei der geringen Drehzahl ist es sogar leicht möglich, eine komplette isolierende Trennung durchzuführen, da man einen feststehenden Teil auf einem rotierenden unmittelbar schleifen lassen kann.

Die Leistung der Hilfsmaschine würde bei dem vorliegenden Beispiel und einer maximalen Differenz von 2 % zwischen den Frequenzen der beiden Netze  $300\,000 \times 0,02 = 6000$  kW betragen. Die maximale Drehzahl wäre 2 % der synchronen Drehzahl, also  $3600 \times 0,02 = 72$  U/min. Eine solche Maschine lässt sich ohneweiteres als Gleichstrommaschine bauen. Sie wird einem Walzwerkmotor ähnlich. Je nachdem die Frequenzdifferenz in einen oder im anderen Sinn liegt, läuft die Gleichstrommaschine im einen oder im anderen Drehsinn. Bei Synchronismus steht sie still. Die Kohlebürsten bleiben dann auf denselben Lamellen stehen. Dieser Zustand darf ohneweiteres einige Sekunden lang andauern, da der Kommutator dies aushalten kann. Die Frequenzen in beiden Netzen bleiben aber nicht lange Zeit gleich, dies natürlich unter der Voraussetzung, dass zwischen den beiden Netzen keine starre Kupplung vorhanden ist, was aber eine elastische Kupplung nicht nötig machen würde. Durch die erwähnte Frequenzänderung wird die Gleichstrommaschine gedreht, sodass die Lamellen von den Bürsten weg bewegt werden. In Bezug auf den Kommutator bestehen demnach keine Schwierigkeiten.

909815/0547

Interessant ist die Leistungsbilanz des Umformers, die an Hand eines in der Figur schematisch gezeigten Ausführungsbeispiels der Erfindung näher erläutert wird. Das Netz I mit der Frequenz  $f_1$  sei mit dem Netz II mit der Frequenz  $f_2$  über die Asynchronmaschine A gekuppelt. Mit ihrem Rotor ist die Gleichstrommaschine G gekuppelt, deren Erregerwicklung E angedeutet ist. Gespeist wird die Gleichstrommaschine durch den Umrichter U, der seinerseits auf das Netz I oder auf das Netz II geschaltet sein möge, was eventuell durch einen Umschalter wahlweise je nach Bedürfnis gemacht werden kann.

In der folgenden Rechnung wird der Einfachheit halber von den Verlusten abgesehen.

Vom Netz I fließt die Leistung P in die Statorwicklung.

Der Rotor der Asynchronmaschine dreht sich mit der Drehzahl

$n = \frac{60}{p} (f_1 - f_2)$ , worin p die Polpaarzahl bedeutet. Bei  $f_1 = f_2$  ist  $n = 0$ ; d.h. der Rotor steht still. Die synchrone Drehzahl des Stators ist

$n_s = \frac{60}{p} f_1$  und der Schlupf der Asynchronmaschine ist

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{f_2}{f_1}$$

Die Schlupfleistung  $s \cdot P = \frac{f_2}{f_1} \cdot P$  fließt in das Netz II.

Die Differenz zwischen P und  $s \cdot P$ , d.h.  $\frac{f_1 - f_2}{f_1} \cdot P$  fließt

über die Gleichstrommaschine je nach Schaltung in das Netz I

oder in das Netz II. Bei Leistungsumkehr kehren die Pfeile

um, ausserdem wenn  $f_2 > f_1$  ist.

Wenn die in der Figur dargestellten Verhältniss zugrunde gelegt werden, ergibt ine Phasenverdrehung des Rotors im Umlaufsinn des Statorfeldes, d.h. im mechanischen Drehsinn, eine Vergrösserung der Leistung, eine Phasenverdrehung im umgekehrten Sinn eine Verkleinerung.

Im zuvor erwähnten Beispiel war von Kupplung von zwei Netzen mit 60 Hz die Rede. Selbstverständlich gelten die Ueberlegungen sinngemäss bei Kupplung von zwei Netzen mit 50 Hz. Man kann aber auch auf gleiche Weise Netze von 50 und 60 Hz miteinander kuppeln. Bei genau 50 bzw. 60 Hz steht dann der Umformer nicht still, sondern rotiert entsprechend dem Schlupf. Allerdings ist diese Drehzahl nur 20 % von der synchronen, wenn das 50 Hz-Netz an den Stator gelegt wird, bzw.  $16 \frac{2}{3}$  % von der synchronen Drehzahl wenn das 60 Hz-Netz an den Stator gelegt wird.

In dem in der Figur gezeigten Beispiel ist die Hilfsmaschine als Gleichstrommaschine ausgeführt. Man kann aber wie bereits gesagt auch eine Asynchronmaschine oder eine Synchronmaschine verwenden. Eine kleinere Typenleistung der Hilfsmaschine erhält man durch Erhöhung ihrer Drehzahl, zu welchem Zweck erfindungsgemäss ein Zahnradgetriebe angeordnet wird.

Die Blindleistungsübertragung des Umformers kann nur durch Aenderung des Uebersetzungsverhältnisses zwischen den Spannungen beider Netze beeinflusst werden. Der Blindleistungs-

austausch wird durch Aenderung des Uebersetzungsverhältnisses  
ines Transformators oder weiterer Transformatoren gesteuert,  
wobei dies Transformatoren zwischen dem Stator und dem  
einen Netz oder zwischen dem Rotor und dem anderen Netz ge-  
schaltet sein können.

Da es nicht möglich ist, mit dem Umformer Blindleistungen  
zu erzeugen, wird erfindungsgemäss im Bedarfsfall parallel  
zu ihm am einen oder anderen Netz die Blindleistung durch ei-  
nen Phasenschieber oder eine Kondensatorenbatterie verbessert  
bzw. geregelt.

P a t e n t a n s p r ü c h e :

1. Elastischer Netzkupplungsumformer für mehrphasige Netze von annähernd gleicher Frequenz, dadurch gekennzeichnet, dass er aus einer Asynchronmaschine besteht, deren Stator auf das eine Netz und deren Rotor auf das andere Netz geschaltet ist.
2. Elastischer Netzkupplungsumformer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor mechanisch mit einer Hilfsmaschine verbunden ist, die die Differenz zwischen der Leistung der Statorwicklung und der Leistung der Rotorwicklung übernimmt und praktisch verlustfrei mit mindestens einem der beiden Netze austauscht.
3. Elastischer Netzkupplungsumformer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Hilfsmaschine mit Mitteln zur Steuerung der Leistung des Umformers ausgerüstet ist.
4. Elastischer Netzkupplungsumformer nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Hilfsmaschine eine Gleichstrommaschine ist, welche konstant erregt ist, sodass ihr Strom der Leistung des Umformers proportional ist.
5. Elastischer Netzkupplungsumformer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Hilfsmaschine eine Asynchronmaschine ist, welche über einen Umrichter gespeist wird, der so gesteuert wird, dass der Fluss der Asynchronmaschine konstant ist.

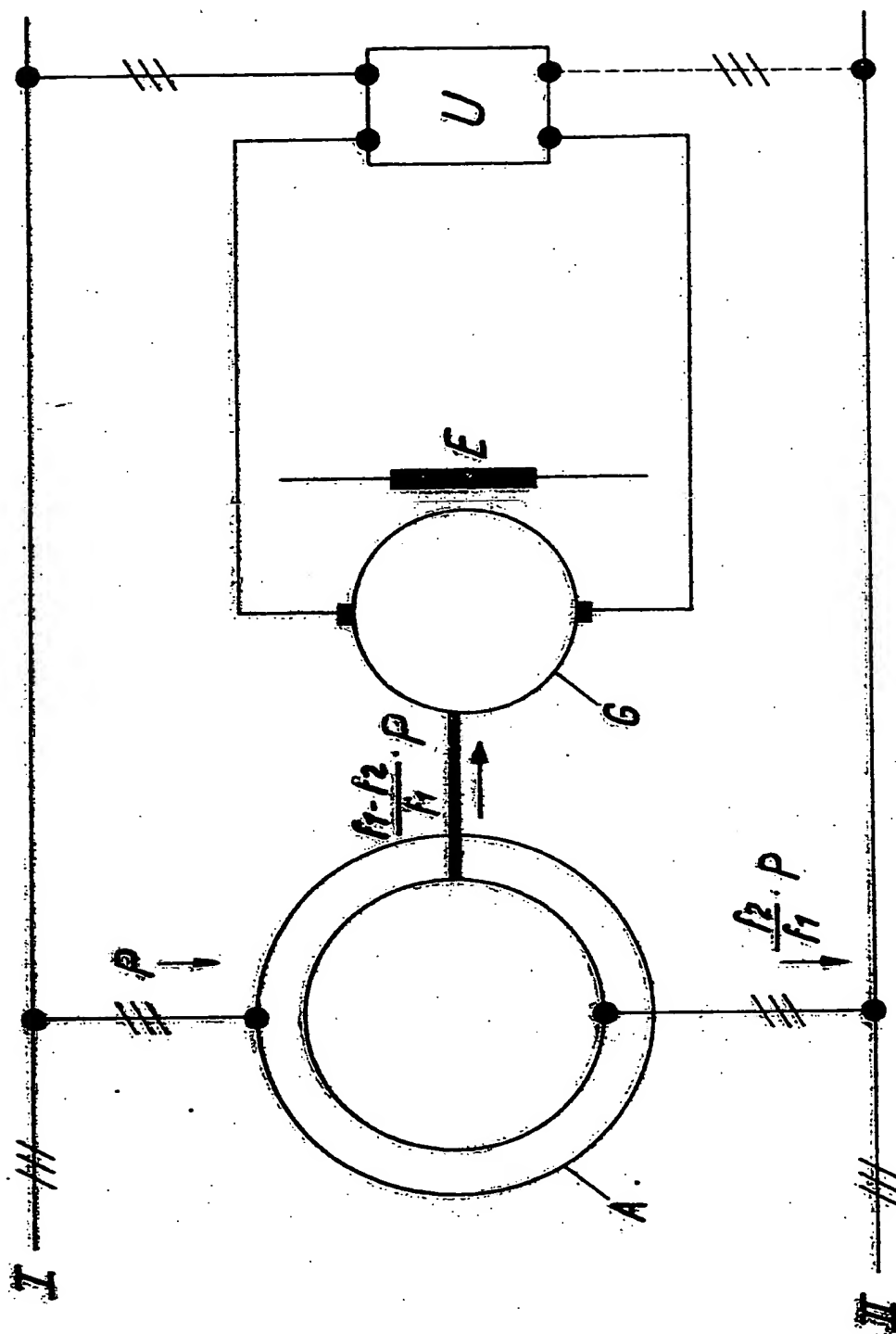
909815/0547

BAD ORIGINAL

6. Elastischer Netzkupplungsumformer nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Leistung des Umformers durch Steuerung des Stroms der Hilfsasynchronmaschine geregelt wird.
7. Elastischer Netzkupplungsumformer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Hilfsmaschine eine Synchronmaschine ist.
8. Elastischer Netzkupplungsumformer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Blindleistungsaustausch zwischen den beiden Netzen durch Änderung des Übersetzungsverhältnisses mindestens eines zwischen Asynchronmaschine und Netz geschalteten Transformators gesteuert wird.

Aktiengesellschaft  
BROWN, BOVERI & CIE.  
//

ORIGINAL INSPECTED



909815/0547

VIIIb

